

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-068158
 (43)Date of publication of application : 09.03.1999

(51)Int.Cl.

H01L 33/00
H01S 3/18

(21)Application number : 09-223322
 (22)Date of filing : 20.08.1997

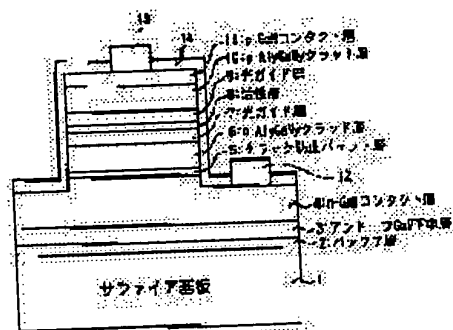
(71)Applicant : SANYO ELECTRIC CO LTD
 (72)Inventor : KANO TAKASHI

(54) GALLIUM NITRIDE BASED COMPOUND SEMICONDUCTOR DEVICE

(57)Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent the generation of cracks and defects and enable forming a thick gallium nitride based compound semiconductor layer by interposing a buffer layer which has composition of a first and a second nitride compound semiconductor layers between first and second gallium nitride based semiconductor layers.

SOLUTION: An AlGaIn buffer layer 2 as N-type nitride based compound semiconductor is formed on a sapphire substrate 1, and an undoped gallium nitride(GaN) substratum layer 3 is formed on the AlGaIn buffer layer 2. An Si-doped N-type GaN film turning to an N-type contact layer 4 is formed on the GaN substratum layer 3. A crack-preventing buffer layer 5 which has composition of a clad layer 6 and the contact layer 4 constituted of N-type GaN, is formed on the contact layer 4 constituted of the N-type GaN film. The crack-preventing buffer layer 5 has composition of the clad layer 6 and the contact layer 4 and relaxes the lattice constants of the N-type GaN film and an AlGaIn film, and thermal expansion coefficients.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.03.2001
 [Date of sending the examiner's decision of rejection] 30.10.2002
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
 [Date of final disposal for application]
 [Patent number]
 [Date of registration]
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2002-23140
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 29.11.2002
 [Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-68158

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月9日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 L 33/00

H 0 1 S 3/18

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

H 0 1 S 3/18

C

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号

特願平9-223322

(22) 出願日

平成9年(1997) 8月20日

(71) 出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72) 発明者 狩野 隆司

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

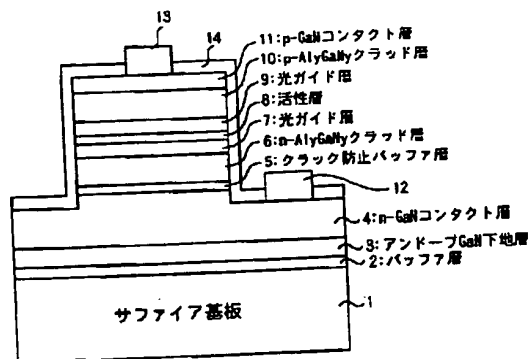
(74) 代理人 弁理士 島居 祥

(54) 【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体装置

(57) 【要約】

【課題】 この発明は、格子定数や熱膨張率差による歪みが原因とされるクラックや欠陥の発生を防止し、膜厚の厚い窒化ガリウム系半導体層を形成できる半導体装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 この発明の窒化ガリウム系化合物半導体装置は、n型Ga_{1-x}N膜からなるコンタクト層4と、n型Al_yGa_{1-y}N膜からなるクラッド層5の間にn型Ga_{1-x}N膜とAl_yGa_{1-y}N膜の組成をそれぞれ有するクラック防止バッファ層5を介在させた。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の窒化ガリウム系化合物半導体層と、この第1の窒化ガリウム系化合物半導体層とは組成の異なる第2の窒化物ガリウム系半導体層との間に第1及び第2の窒化ガリウム系化合物半導体層の組成をそれぞれ有するバッファ層を介在させたことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項2】 前記バッファ層は、第1の窒化ガリウム系化合物半導体層と同じ組成の層と、第2の窒化物ガリウム系半導体層と同じ組成の層と、を交互に積層した超格子構造層からなることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項3】 前記バッファ層は、第1の窒化ガリウム系化合物半導体層と同じ組成の層から第2の窒化物ガリウム系半導体層と同じ組成の層へ組成比を変化させて形成されていることを特徴とする請求項1に記載の窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項4】 第1の窒化ガリウム系化合物半導体層からなる一導電型のコンタクト層と、この第1の窒化ガリウム系化合物半導体層とは組成の異なる第2の窒化物ガリウム系半導体層からなる一導電型のクラッド層と、量子井戸構造からなる窒化インジウムガリウム組成の活性層と、前記第1の窒化ガリウム系化合物半導体層とは組成の異なる第2の窒化物ガリウム系半導体層からなる他導電型のクラッド層と、前記第1の窒化ガリウム系化合物半導体層からなる他導電型のコンタクト層と、少なくとも前記一導電型のコンタクト層と一導電型のクラッド層の間に前記第1及び第2の窒化ガリウム系化合物半導体層の組成をそれぞれ有するバッファ層を介在させたことを特徴とする窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【請求項5】 前記クラッド層の両側に前記第1及び第2の窒化ガリウム系化合物半導体層の組成をそれぞれ有するバッファ層を介在させたことを特徴とする請求項4に記載の窒化ガリウム系化合物半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、発光ダイオード、レーザダイオードなどの発光デバイスに用いて好適な窒化ガリウム系化合物半導体装置に関する。

【0002】

【従来の技術】窒化インジウムガリウム ($\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$) 化合物半導体膜は、その In 組成 (x) を変化させることにより、可視全域の波長の発光を得る材料として注目されており、この材料を用いたリッジ型 InGaN 系MQWレーザダイオードが提案されている (レーザー学会学術講演会第17回年次大会講演予稿集S17ないしS20参照)。

【0003】上記したリッジ型 InGaN 系MQWレーザダイオードは、図12に示すように、サファイア基板

41上にGa_{0.9}Nバッファ層42、n型Ga_{0.9}Nコンタクト層43、n型 $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド防止層44、n型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層45、n型Ga_{0.9}Nガイド層46、 $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ 組成のMQW活性層47、p型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ キャップ層48、p型Ga_{0.9}Nガイド層49、p型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ クラッド層50、p型Ga_{0.9}Nコンタクト層51、がこの順序で形成されている。そして、p電極52はp型コンタクト層51上に、また、n電極53はn型コンタクト層43までエッチングして上から採られている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記したリッジ型 InGaN 系MQWレーザダイオードなどの窒化ガリウム系化合物半導体装置においては、エピタキシャル成長によりコンタクト層上にクラッド層となる AlGaIn を形成する際に、格子定数や熱膨張率の差によりクラッド層にクラックが発生するために、膜厚の厚い AlGaIn 層が形成できないという問題がある。上記したリッジ型 InGaN 系MQWレーザダイオードにおいては、クラッド層とコンタクト層との間にn型 InGaN クラッド防止層を設けているが、n型 InGaN クラッド防止層においてもその上に形成される AlGaIn からなるクラッド層とは、格子定数及び熱膨張率が相違するために、やはり膜厚の厚い AlGaIn 層が形成できないという問題がある。

【0005】この発明は、上述した従来の問題点に鑑みなされたものにして、格子定数や熱膨張率差による歪みが原因とされるクラックや欠陥の発生を防止し、膜厚の厚い窒化ガリウム系半導体層を形成できる半導体装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】この発明の窒化ガリウム系化合物半導体装置は、第1の窒化ガリウム系化合物半導体層と、この第1の窒化ガリウム系化合物半導体層とは組成の異なる第2の窒化物ガリウム系半導体層との間に第1及び第2の窒化ガリウム系化合物半導体層の組成をそれぞれ有するバッファ層を介在させたことを特徴とする。

【0007】前記バッファ層は、第1の窒化ガリウム系化合物半導体層と同じ組成の層と、第2の窒化物ガリウム系半導体層と同じ組成の層と、を交互に積層した超格子構造層で構成することができる。

【0008】また、前記バッファ層は、第1の窒化ガリウム系化合物半導体層と同じ組成の層から第2の窒化物ガリウム系半導体層と同じ組成の層へ組成比を変化させて形成することができる。

【0009】また、この発明は、第1の窒化ガリウム系化合物半導体層からなる一導電型のコンタクト層と、この第1の窒化ガリウム系化合物半導体層とは組成の異なる第2の窒化物ガリウム系半導体層からなる一導電型のクラッド層と、量子井戸構造からなる窒化インジウムガ

リウム組成の活性層と、前記第1の窒化ガリウム系化合物半導体層とは組成の異なる第2の窒化物ガリウム系半導体層からなる他導電型のクラッド層と、前記第1の窒化ガリウム系化合物半導体層からなる他導電型のコンタクト層と、からなる窒化ガリウム系化合物半導体層において、少なくとも前記一導電型のコンタクト層と一導電型のクラッド層の間に前記第1及び第2の窒化ガリウム系化合物半導体層の組成をそれぞれ有するバッファ層を介在させたことを特徴とする。

【0010】前記クラッド層の両側に前記第1及び第2の窒化ガリウム系化合物半導体層の組成をそれぞれ有するバッファ層を介在させるとよい。

【0011】上記したバッファ層を第1及び第2の窒化ガリウム系化合物半導体層の間に形成することで、バッファ層が第1及び第2の窒化ガリウム系化合物半導体層の双方の格子定数と熱膨張率を緩和するように作用し、格子定数差や熱膨張率の差に起因するクラックや欠陥の発生が抑制される。この結果、厚いn型又はp型窒化ガリウム系化合物半導体層をエピタキシャル成長させてもクラックが発生することがなくなり、より効率的な活性層でのキャリアの閉じこめと光の閉じこめが可能な発光素子を形成することができる。

【0012】

【発明の実施の形態】図1は、この発明の窒化ガリウム系化合物半導体装置の第1の実施の形態を示し、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 化合物半導体膜からなる量子井戸構造(SQW)または多重量子井戸構造(MQW)を活性層として用いた半導体レーザダイオードの縦断面側面図である。

【0013】この半導体レーザダイオードは、サファイア基板1上にn型窒化物系化合物半導体としての膜厚100~200オングストロームの AlGaN バッファ層2及びこの上に膜厚400オングストロームのアンダーブの窒化ガリウム(GaN)下地層3が形成されている。この GaN 下地層3上にn型コンタクト層4となる膜厚3000オングストローム程度のSiをドーピングしたn型 GaN 膜が形成されている。そして、このn型 GaN 膜からなるコンタクト層4上にクラッド層6とn型 GaN 膜からなるコンタクト層4の組成をそれぞれ有するクラック防止バッファ層5が設けられる。このクラック防止バッファ層5の詳細については後述する。

【0014】クラック防止バッファ層5上に膜厚1500オングストローム程度のn型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ のクラッド層6が形成されている。このクラッド層6上に膜厚300オングストローム程度のアンダーブの GaN またはn型 GaN 膜の光ガイド層7が形成され、この光ガイド層7上に量子井戸構造(SQW)または多重量子井戸(MQW)構造からなる InGaN 組成の活性層8が形成される。この活性層8上に膜厚300オングストローム程度のp型 GaN 膜からなる光ガイド層9と膜厚1500オングストローム程度のMgをドーピングしたp型 Al

$y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 膜からなるクラッド層10が形成されている。そして、クラッド層10上に膜厚3000オングストロームのp型 GaN 膜からなるコンタクト層11が形成されている。n型電極12を上からコンタクトするためにn型コンタクト層4までメサエッチングされ、 SiO_2 などの絶縁膜14で被覆し、この絶縁膜14のp電極部分とn電極部分を除去して、n電極12およびp電極13がそれぞれ設けられる。

【0015】さて、上記したクラック防止バッファ層5は、 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 膜からなるクラッド層6とn型 GaN 膜からなるコンタクト層4の組成をそれぞれ有して、n型 GaN 膜と $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 膜との格子定数差や熱膨張率差を緩和するように作用する。このため、このバッファ層5は、n型 GaN 膜からなるコンタクト層4と同じ組成のn型 GaN 膜薄膜とn型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ クラッド層6と同じ組成のn型 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 薄膜を交互に積層した超格子構造のものが用いられる。例えば、クラッド層6としてn型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 膜を用いた場合、膜厚50オングストロームのn型 GaN 膜と膜厚50オングストロームの $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 膜とを交互に積層形成することにより、クラック防止バッファ層5を形成することができる。

【0016】また、クラック防止バッファ層5としては、例えば、クラッド層6としてn型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 膜を用いた場合、膜厚50オングストロームのn型 GaN 膜と膜厚50オングストローム $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 膜とを交互に積層形成し、Al組成比を0から0.15まで順次増加させるグレーティング構造にすることで、クラック防止バッファ層5を形成することもできる。

【0017】さらに、クラッド層6としてn型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 膜を用いた場合、Al組成比を膜厚方向に勾配を持たせて0から0.15まで変化させて膜を形成することにより、クラック防止バッファ層5を形成することもできる。

【0018】図2ないし図4に上記各構成のクラック防止バッファ層5を設けたときのエネルギーバンド図を示す。図2は、膜厚50オングストロームのn型 GaN 膜と膜厚50オングストローム $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 膜とを交互に積層形成したクラック防止バッファ層5の場合、図3は、Al組成比を0から0.15まで順次増加させたグレーティング構造のクラック防止バッファ層5の場合、図4はAl組成比を膜厚方向に勾配を持たせて変化させた場合のクラック防止バッファ層5を用いた半導体レーザダイオードである。

【0019】上記した各クラック防止バッファ層5をコンタクト層4とクラッド層6の間に形成することで、クラック防止バッファ層5がコンタクト層4とクラッド層6の双方の格子定数と熱膨張率を緩和するように作用し、格子定数差や熱膨張率の差に起因するクラックや欠陥の発生が抑制される。この結果、厚いn型又はp型A

1 GaNをエピタキシャル成長させてもクラックが発生することがなくなり、より効率的な活性層でのキャリアの閉じこめと光の閉じこめが可能な発光素子を形成することができる。

【0020】上記図1に示す半導体レーザダイオードの各化合物半導体膜はMOCVD法によりサファイア基板1上に形成される。図5は、上記各化合物半導体膜の成膜に用いられる横型MOCVD装置の一例を示す模式図である。

【0021】この横型MOCVD装置は、2層流構造になっており、2層流ガスが交わる形成室30内のところにサファイア基板1が図示しないサセプタにより傾斜を有して保持される。この形成室30は、図示しない真空ポンプにより所定の真空度に排気される。また、サセプタは高周波コイルなどにより所定の成長温度に加熱されるようになっている。

【0022】そして、形成室30内には、原料ガス供給ライン31より原料ガスが基板1の表面に供給されると共に、その原料ガス供給ライン31より上層に配置された上層流ガスライン32より水素及び/又は窒素ガスが供給される。この上層流ガスライン32は、バルブを介して水素(H₂)ガスボンベ、窒素(N₂)ガスボンベに接続されている。そして、この上層流ガスライン32から供給される水素(H₂)ガス及び/又は窒素(N₂)ガスにより、原料ガスが基板1面に押圧され、原料ガスが基板1に接触される。

【0023】原料ガスとしてのトリメチルアルミニウム(TMA)、トリメチルガリウム(TMg)、トリメチルインジウム(TMI)、トリエチルガリウム(TEG)の有機金属化合物ソースは、微量のバブリングガスにより気化され、図示しないバルブを介して原料ガス供給ライン31に与えられる。また、アンモニア(NH₃)、Siを含むn型ドーパントガス(例えば、SiH₄)、Mgを含むp型ドーパントガス(例えば、Cp₂Mg)も図示しないバルブを介して原料ガス供給ライン31に与えられる。

【0024】上記のように構成された横型MOCVD装置を用いて、図1に示す半導体レーザダイオードを製造する方法について説明する。

【0025】まず、基板1上にAlGaInバッファ層2を形成する。原料ガスとして、TMA、TMgとNH₃を形成室30内に供給し、基板温度を600℃に保ち基板1上に膜厚1500オングストロームのAl_{0.6}Ga_{0.4}Nバッファ層2を形成する。

【0026】次に、原料ガスとして、TMgとNH₃を形成室30内に供給し、基板温度を1150℃に保ちAl_{0.6}Ga_{0.4}Nバッファ層2に膜厚4000オングストロームのアンドープのGaN下地層3を形成する。

【0027】続いて、原料ガスをTMg、NH₃、ドーパントガスをSiH₄に切り替え形成室30内にそれぞ

れ供給し、基板温度を1150℃に保ちAlGaIn下地層3上に膜厚4000オングストロームのn型GaN膜からなるコンタクト層4を形成する。

【0028】そして、原料ガスをTMg、NH₃、ドーパントガスをSiH₄のままで形成室30内にそれぞれ供給し、基板温度を1150℃に保ち、膜厚50オングストロームのn型GaN膜を形成した後、原料ガスにTMAを加えて形成室30内にそれぞれ供給し、基板温度を1150℃に保ち、膜厚50オングストロームn型Al_{0.15}Ga_{0.85}N膜を形成する。以下、TMAの形成室30内への供給を制御し、膜厚50オングストロームのn型GaN膜と膜厚50オングストロームn型Al_{0.15}Ga_{0.85}N膜を交互に4ペア積層形成し、超格子構造のクラック防止バッファ層5を形成する。

【0029】次に、原料ガスをTMg、TMA、NH₃、ドーパントガスをSiH₄のままで形成室30内にそれぞれ供給し、基板温度を1150℃に保ち、膜厚3000オングストロームのn型Al_{0.15}Ga_{0.85}N膜からなるクラッド層6をクラック防止バッファ層5上に形成する。

【0030】続いて、原料ガスをTMg、NH₃、ドーパントガスをSiH₄に切り替えて形成室30内にそれぞれ供給し、基板温度を1150℃に保ち、膜厚1000オングストロームのn型GaN膜からなる光ガイド層7をクラッド層6上に形成する。

【0031】そして、原料ガスをTMI、TEGとNH₃に切り替え形成室30内にそれぞれ供給し、基板温度を860℃に保ち、光ガイド層7上に障壁層となる膜厚70オングストロームのIn_{0.05}Ga_{0.95}N膜を形成し、次に基板温度を800℃に保ち井戸層となる膜厚300オングストロームのIn_{0.15}Ga_{0.85}N膜を形成し、以下、同様にこのペアを20ペア積層して、MQW・InGaIn組成の活性層8を形成する。

【0032】次に、原料ガスを、TMgとNH₃、ドーパントガスをCp₂Mgに切り替えて形成室30内にそれぞれ供給し、基板温度を1150℃に保ち、Mgがドーパされた膜厚1000オングストロームのp型GaN膜からなる光ガイド層9を形成する。

【0033】続いて、原料ガスを、TMA、TMgとNH₃、ドーパントガスをCp₂Mgに切り替えて形成室30内にそれぞれ供給し、基板温度を1150℃に保ち、Mgがドーパされた膜厚3000オングストロームのp型Al_{0.15}Ga_{0.85}N膜からなるクラッド層10を形成する。

【0034】そして、原料ガスを、TMgとNH₃、ドーパントガスをCp₂Mgに切り替えて形成室30内にそれぞれ供給し、基板温度を1150℃に保ち、クラッド層10上に膜厚3000オングストロームのp型GaN膜からなるコンタクト層11を形成する。

【0035】その後、メサエッチングを施してn型コン

7
タクト層表面を露出させた後、 SiO_2 からなる絶縁膜14を形成し、電極部分の絶縁膜を除去した後、n電極12及びp電極13がそれぞれ設けられる。

【0036】上記した製造例は、クラック防止バッファ層5を超格子構造で構成する場合について説明したが、図3のバンドエネルギー図に示すように、グレーディングを有するクラック防止バッファ層の場合には、TMAの供給量を段階的に増加させるように制御すればよく、また、図4のバンドエネルギー図に示すように、A1組成比を膜厚方向に勾配を持たせて変化させる場合には、TMAの供給量を徐々に増加させればよい。

【0037】図6は、この発明の窒化ガリウム系化合物半導体装置の第2の実施の形態を示し、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 化合物半導体膜からなる量子井戸構造(SQW)または多重量子井戸構造(MQW)を活性層として用いた半導体レーザダイオードの縦断面側面図である。この第2の実施の形態は、第1の実施の形態がn型Ga_{0.15}N膜からなるコンタクト層4とn型Al_{0.15}Ga_{0.85}N膜からなるクラッド層6との間にクラック防止バッファ層5を設けているのに対し、n型及びp型クラッド層の両側にクラック防止バッファ層5を設けている。即ち、n型コンタクト層4とn型クラッド層6の間、n型クラッド層6と光ガイド層7との間、光ガイド層9とp型クラッド層10の間、p型クラッド層10とp型コンタクト層11の間にそれぞれクラック防止バッファ層5を設け、クラック及び欠陥の発生をさらに防いでいる。

【0038】尚、他の構成は、第1の実施の形態と同様であるので、説明の重複を避けるために、同一部分には同一符号を付しここでは説明を省略する。

【0039】この実施の形態におけるクラック防止バッファ層5も上記第1の実施の形態と同じくは、クラッド層6またはクラッド8とその両側に位置するGa_{0.15}N膜との組成をそれぞれ有して、Ga_{0.15}N膜とAl_{0.15}Ga_{0.85}Nからなるクラッド層との格子定数差や熱膨張率差を緩和するように作用する。このため、このバッファ層5は、Ga_{0.15}N膜と同じ組成の薄膜とクラッド層と同じ組成のAl_{0.15}Ga_{0.85}Nの薄膜を交互に積層した超格子構造のものが用いられる。例えば、クラッド層6、8としてAl_{0.15}Ga_{0.85}N膜を用いた場合、膜厚50オングストロームのGa_{0.15}N膜と膜厚50オングストロームAl_{0.15}Ga_{0.85}N膜とを交互に積層形成することにより、クラック防止バッファ層5を形成することができる。

【0040】また、クラック防止バッファ層5としては、例えば、クラッド層6としてAl_{0.15}Ga_{0.85}N膜を用いた場合、膜厚50オングストロームのGa_{0.15}N膜と膜厚50オングストロームAl_{0.15}Ga_{0.85}N膜とを交互に積層形成し、A1組成比を0から0.15まで順次増加させるグレーディング構造にすることで、クラック防止バッファ層5を形成することができる。このときA1組成比はクラッド層に近くなるほど高くなるように制御

している。

【0041】さらに、クラッド層6、8としてAl_{0.15}Ga_{0.85}N膜を用いた場合、A1組成比を膜厚方向に勾配を持たせて0から0.15まで変化させて膜を形成することにより、クラック防止バッファ層5を形成することができる。このときA1組成比はクラッド層に近くなるほど高くなるように制御している。

【0042】図7ないし図9に上記各構成のクラック防止バッファ層5を設けたときのエネルギーバンド図を示す。図7は、膜厚50オングストロームのGa_{0.15}N膜と膜厚50オングストロームAl_{0.15}Ga_{0.85}N膜とを交互に積層形成したクラック防止バッファ層5の場合、図8は、A1組成比0から0.15まで順次増加させたグレーディング構造のクラック防止バッファ層5の場合、図9はA1組成比を膜厚方向に勾配を持たせて変化させた場合のクラック防止バッファ層5を用いた半導体レーザダイオードである。

【0043】上記した各クラック防止バッファ層5をクラッド層6、8の両側に形成することで、クラッド防止バッファ層5がクラッド層6、8とその両側に位置する膜との双方の格子定数と熱膨張率を緩和するように作用し、格子定数差や熱膨張率の差に起因するクラックや欠陥の発生が抑制される。この結果、厚いn型又はp型Al_{0.15}Ga_{0.85}Nをエピタキシャル成長させてもクラックが発生することがなくなり、より効率的な活性層でのキャリアの閉じこめと光の閉じこめが可能な発光素子を形成することができる。

【0044】図6に示す半導体レーザダイオードも図1に示す半導体レーザダイオードと同様に第5図に示す装置を用いて同様に形成することができる。

【0045】図10は、この発明の窒化ガリウム系化合物半導体装置の第3の実施の形態を示し、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 化合物半導体膜からなる量子井戸構造(SQW)または多重量子井戸構造(MQW)を活性層として用いた半導体レーザダイオードの縦断面側面図である。この第3の実施の形態は、第1の実施の形態がn型Ga_{0.15}Nからなるコンタクト層4とn型Al_{0.15}Ga_{0.85}N膜からなるクラッド層6との間にクラック防止バッファ層5を設けているのに対し、n型クラッド層4の両側と、p型クラッド層10とp型コンタクト層11の間にクラック防止バッファ層5を設けている。即ち、n型コンタクト層4とn型クラッド層6の間、n型クラッド層6と光ガイド層7との間、p型クラッド層10とp型コンタクト層11との間にそれぞれクラック防止バッファ層5を設けている。これは、クラックの一番発生頻度が高いn型クラッド層4はクラック防止バッファ層5で挟み、クラック及び欠陥の発生を防ぐように構成している。

【0046】尚、他の構成は、第1の実施の形態と同様であるので、説明の重複を避けるために、同一部分には同一符号を付しここでは説明を省略する。

【0047】この実施の形態におけるクラック防止バッファ層5も上記第1の実施の形態と同じくは、クラッド層6または8とその両側に位置するGa_{1-x}N膜との組成をそれぞれ有して、Ga_{1-x}N膜とクラッド層との格子定数差や熱膨張率差を緩和するように作用する。このため、このバッファ層5は、Ga_{1-x}N膜と同じ組成の薄膜とクラッド層と同じ組成のAl_{1-y}Ga_{1-y}Nの薄膜を交互に積層した超格子構造のものが用いられる。例えば、クラッド層6、8としてAl_{0.15}Ga_{0.85}N膜を用いた場合、膜厚50オングストロームのGa_{1-x}N膜と膜厚50オングストロームAl_{1-y}Ga_{1-y}N膜とを交互に積層形成することにより、クラック防止バッファ層5を形成することができる。

【0048】また、クラック防止バッファ層5としては、例えば、クラッド層6としてAl_{0.15}Ga_{0.85}N膜を用いた場合、膜厚50オングストロームのGa_{1-x}N膜と膜厚50オングストロームAl_{1-y}Ga_{1-y}N膜とを交互に積層形成し、Al組成比を0から0.15まで順次増加させるグレーティング構造にすることで、クラック防止バッファ層5を形成することができる。このときAl組成比はクラッド層に近くなるほど高くなるように制御している。

【0049】さらに、クラッド層6、8としてn型Al_{0.15}Ga_{0.85}N膜を用いた場合、Al組成比を膜厚方向に勾配を持たせて0から0.15まで変化させて膜を形成することにより、クラック防止バッファ層5を形成することができる。このときAl組成比はクラッド層に近くなるほど高くなるように制御している。

【0050】図10に示す半導体レーザダイオードも図1に示す半導体レーザダイオードと同様に第5図に示す装置を用いて同様に形成することができる。

【0051】図11は、この発明の窒化ガリウム系化合物半導体装置の第4の実施の形態を示し、In_xGa_{1-x}N化合物半導体膜からなる量子井戸構造(SQW)または多重量子井戸構造(MQW)を活性層として用いた半導体レーザダイオードの縦断面側面図である。この第4の実施の形態は、第1の実施の形態がn型Ga_{1-x}N膜からなるコンタクト層4とn型Al_{1-y}Ga_{1-y}N膜からなるクラッド層6との間にクラック防止バッファ層5を設けているのに対し、p型クラッド層10とp型コンタクト層11の間にもクラック防止バッファ層5を設けている。即ち、n型コンタクト層4とn型クラッド層6の間、p型クラッド層10とp型コンタクト層11との間にそれぞれクラック防止バッファ層5を設けている。

【0052】尚、他の構成は、第1の実施の形態と同様であるので、説明の重複を避けるために、同一部分には同一符号を付しここでは説明を省略する。

【0053】この実施の形態におけるクラック防止バッファ層5も上記第1の実施の形態と同じくは、クラッド層6または8とその両側に位置するGa_{1-x}N膜との組成を

それぞれ有して、Ga_{1-x}N膜とクラッド層との格子定数差や熱膨張率差を緩和するように作用する。このため、このバッファ層5は、Ga_{1-x}N膜と同じ組成の薄膜とクラッド層と同じ組成のn型Al_{1-y}Ga_{1-y}Nの薄膜を交互に積層した超格子構造のものが用いられる。例えば、クラッド層6、8としてAl_{0.15}Ga_{0.85}N膜を用いた場合、膜厚50オングストロームのGa_{1-x}N膜と膜厚50オングストロームAl_{1-y}Ga_{1-y}N膜とを交互に積層形成することにより、クラック防止バッファ層5を形成することができる。

【0054】また、クラック防止バッファ層5としては、例えば、クラッド層6、8としてAl_{0.15}Ga_{0.85}N膜を用いた場合、膜厚50オングストロームのGa_{1-x}N膜と膜厚50オングストロームAl_{1-y}Ga_{1-y}N膜とを交互に積層形成し、Al組成比を0から0.15まで順次増加させるグレーティング構造にすることで、クラック防止バッファ層5を形成することができる。このときAl組成比はクラッド層に近くなるほど高くなるように制御している。

【0055】さらに、クラッド層6、8としてn型Al_{0.15}Ga_{0.85}N膜を用いた場合、Al組成比を膜厚方向に勾配を持たせて0から0.15まで変化させて膜を形成することにより、クラック防止バッファ層5を形成することができる。このときAl組成比はクラッド層に近くなるほど高くなるように制御している。

【0056】図11に示す半導体レーザダイオードも図1に示す半導体レーザダイオードと同様に第5図に示す装置を用いて同様に形成することができる。

【0057】上記した各実施の形態は、半導体レーザダイオードに本発明を適用した場合について説明したが、発光ダイオードアレイなど他の窒化ガリウム系化合物半導体装置において、第1の窒化ガリウム系化合物半導体層と、この第1の第1の窒化ガリウム系化合物半導体層とは組成の異なる第2の窒化物ガリウム系半導体層とを成長させる場合にクラックが発生するような場合に、第1及び第2の窒化ガリウム系化合物半導体層の組成をそれぞれ有するバッファ層を介在させることにより、同様の効果が得られる。

【0058】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、第1の窒化ガリウム系化合物半導体層と、この第1の第1の窒化ガリウム系化合物半導体層とは組成の異なる第2の窒化物ガリウム系半導体層とを成長させる場合に、第1及び第2の窒化ガリウム系化合物半導体層の組成をそれぞれ有するバッファ層を介在させることで、格子定数の差や熱膨張率の差によるクラック、欠陥の発生が防止でき、半導体レーザに用いた場合には、活性層でのキャリアの閉じ込めと光の閉じ込めが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の窒化ガリウム系化合物半導体装置の

(7)

11

第1の実施の形態を示し、 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 化合物半導体膜からなる量子井戸構造(SQW)または多重量子井戸構造(MQW)を活性層として用いた半導体レーザダイオードの縦断面側面図である

【図2】膜厚50オングストロームのn型Ga_{0.15}N膜と膜厚50オングストロームAl_{0.15}Ga_{0.85}N膜とを交互に積層形成したクラック防止バッファ層を用いた場合の半導体レーザダイオードのバンドエネルギー図である。

【図3】Al組成比を0から0.15まで順次増加させたグレーティング構造のクラック防止バッファ層を用いた場合の半導体レーザダイオードのバンドエネルギー図である。

【図4】Al組成比を膜厚方向に勾配を持たせて変化した場合のクラック防止バッファ層を用いた場合の半導体レーザダイオードのバンドエネルギー図である。

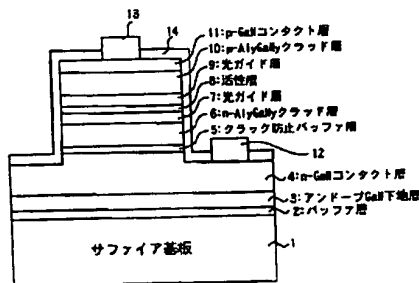
【図5】この発明の各化合物半導体膜の成膜に用いられる横型MOCVD装置の一例を示す模式図である。

【図6】この発明の窒化ガリウム系化合物半導体装置の第2の実施の形態を示し、 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 化合物半導体膜からなる量子井戸構造(SQW)または多重量子井戸構造(MQW)を活性層として用いた半導体レーザダイオードの縦断面側面図である

【図7】膜厚50オングストロームのn型Ga_{0.15}N膜と膜厚50オングストロームAl_{0.15}Ga_{0.85}N膜とを交互に積層形成したクラック防止バッファ層を用いた場合の半導体レーザダイオードのバンドエネルギー図である。

【図8】Al組成比を0から0.15まで順次増加させ

【図1】



12

たグレーティング構造のクラック防止バッファ層を用いた場合の半導体レーザダイオードのバンドエネルギー図である。

【図9】Al組成比を膜厚方向に勾配を持たせて変化した場合のクラック防止バッファ層を用いた場合の半導体レーザダイオードのバンドエネルギー図である。

【図10】この発明の窒化ガリウム系化合物半導体装置の第3の実施の形態を示し、 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 化合物半導体膜からなる量子井戸構造(SQW)または多重量子井戸構造(MQW)を活性層として用いた半導体レーザダイオードの縦断面側面図である

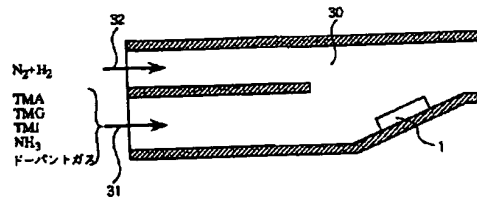
【図11】この発明の窒化ガリウム系化合物半導体装置の第4の実施の形態を示し、 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ 化合物半導体膜からなる量子井戸構造(SQW)または多重量子井戸構造(MQW)を活性層として用いた半導体レーザダイオードの縦断面側面図である

【図12】従来のInGa_{0.15}N系MQWレーザダイオードの縦断面側面図である。

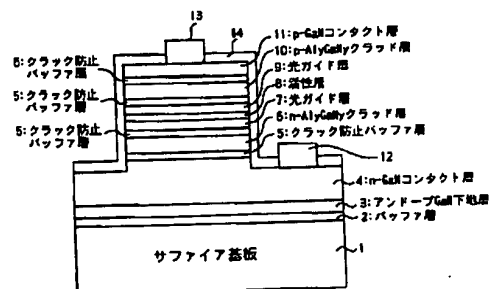
【符号の説明】

- 1 サファイア基板
- 4 n型コンタクト層
- 5 クラック防止バッファ層
- 6 n型クラッド層
- 8 活性層
- 10 p型クラッド層
- 11 p型コンタクト層

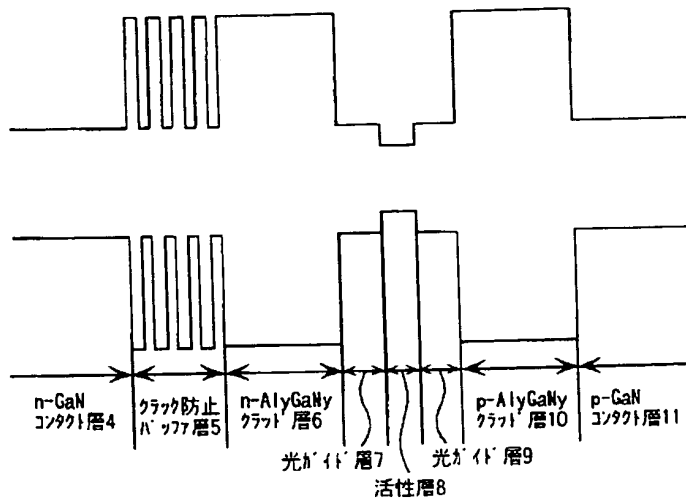
【図5】



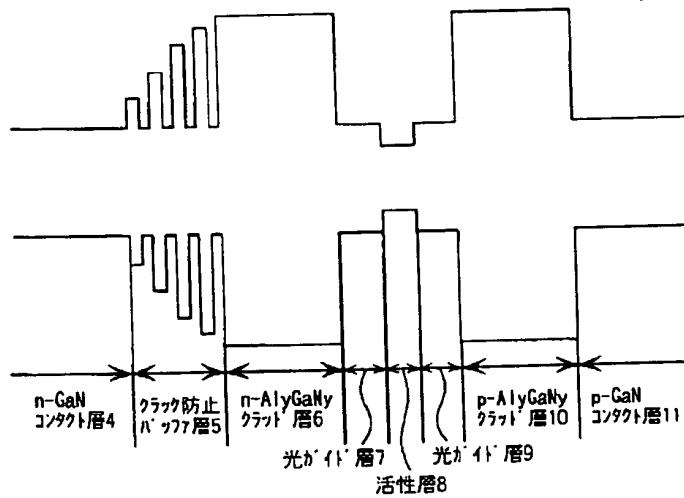
【図6】



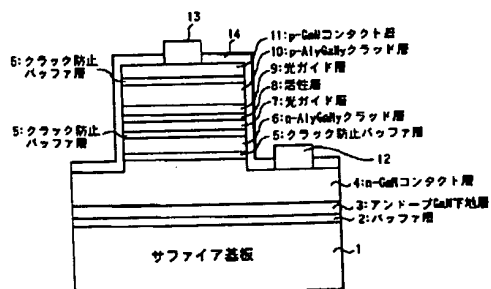
【図2】



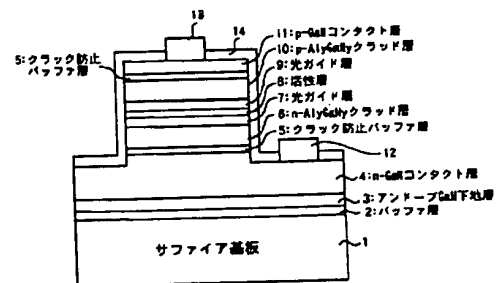
【図3】



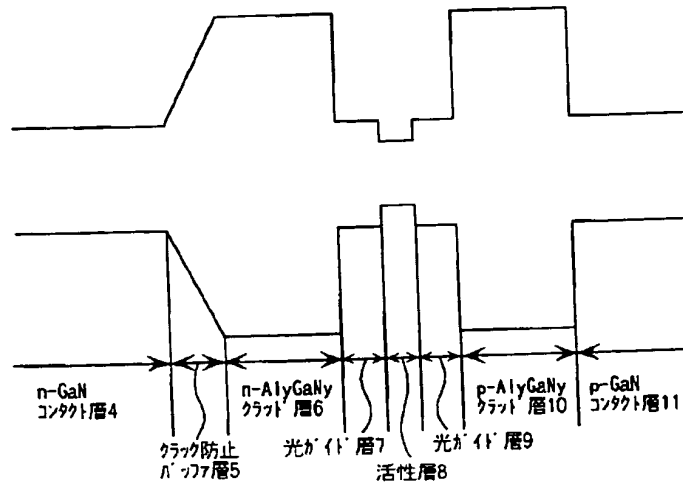
【図10】



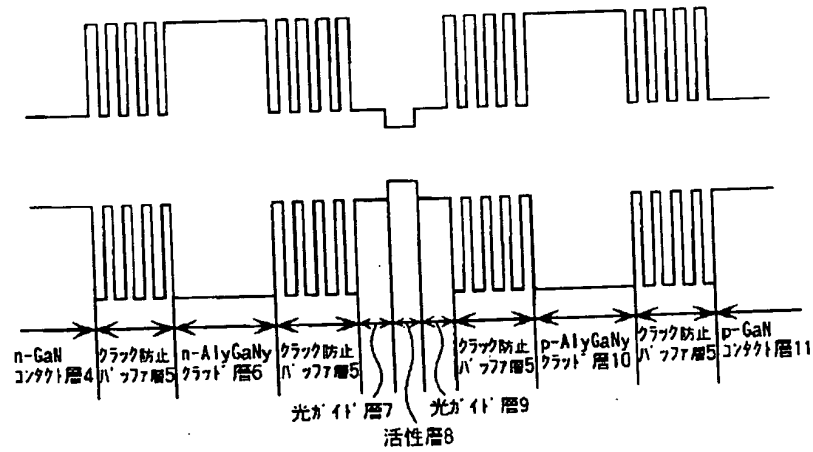
【図11】



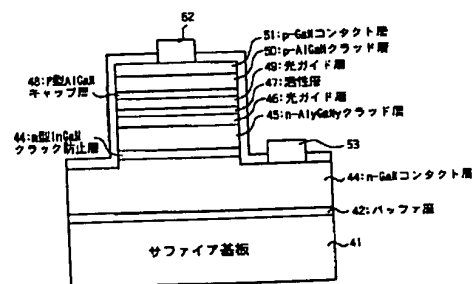
【図4】



【図7】

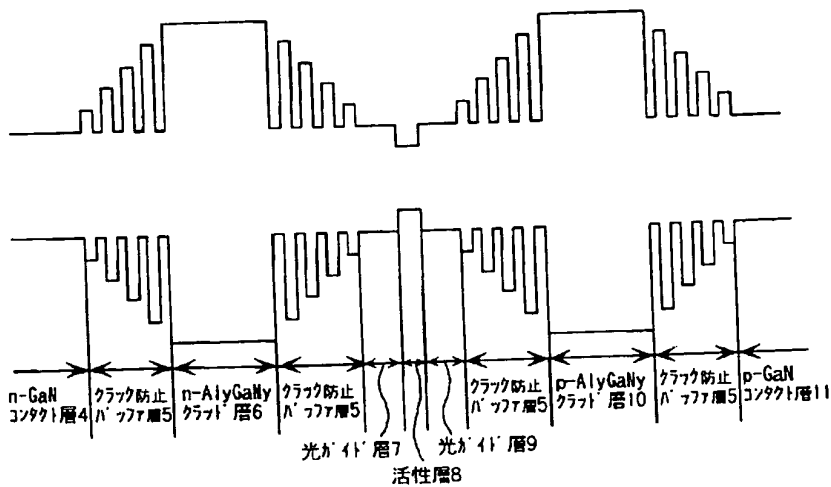


【図12】



(10)

【図8】



【図9】

